

# DESAIN KONSEPTUAL SISTEM PENGAWASAN KAPAL SELAM ASING BERBASIS TEKNOLOGI AKUSTIK TOMOGRAFI UNTUK MENDUKUNG SISTEM PERTAHANAN NEGARA

## CONCEPTUAL DESIGN OF SUBMARINE SURVEILLANCE SYSTEM BASED ON ACOUSTIC TOMOGRAPHY TO SUPPORT STATE DEFENSE SYSTEM

Thahera Yudnina Allim<sup>1</sup>, Supartono<sup>2</sup>, Rudy A.G. Gultom<sup>3</sup>

Program Studi Teknologi Penginderaan  
thahera.allim@gmail.com

**Abstrak** – Indonesia didominasi oleh wilayah laut membuat potensi ancaman berpotensi besar melalui laut. Adanya temuan objek asing di bawah air seperti ranjau dan drone bawah air serta belum optimalnya pengawasan bawah air di perairan Indonesia mengindikasikan pertahanan bawah air sangatlah rentan adanya penyusupan. Penguasaan teknologi bawah air bersifat strategis, karena banyak aplikasi yang bisa dihasilkan. Akustik tomografi memberikan hasil yang baik dalam memetakan arus laut. Untuk itu peneliti tertarik membuat konsep sistem pengawasan bawah air berbasis akustik tomografi. Tujuan penelitian ini untuk mengidentifikasi ancaman bawah air, mengkaji akustik tomografi bagaimana mendeteksi kapal selam dan membangun konsep sistem pengawasan berbasis akustik tomografi. Penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif dengan menggunakan teknik analisa mencakup definisi masalah, pengumpulan informasi sampai pada tahap pembangunan konsep. Data diperoleh dengan melakukan wawancara dan studi literatur yang berkaitan dengan penelitian. Hasil menunjukkan bahwa: (1) Ancaman bawah air meliputi penyusupan kapal selam asing, atau senjata bawah air, selain itu terdapat ancaman berupa shadow zone yang merupakan daerah kedap gelombang akustik yang memungkinkan objek asing tidak dapat terdeteksi. (2) Akustik tomografi mendeteksi kapal selam melalui ulukan kapal selam yang membentuk pola gelombang vertikal stabil dan berlangsung dalam durasi panjang, selain itu kapal selam dapat diidentifikasi keberadaanya dari suhu panas yang dihasilkan oleh kapal selam. (3) Sistem pengawasan dirancang utamanya berada pada lokasi choke point, karena secara umum titik tersebut memiliki kedalaman selat yang cenderung dalam sebagai perlintasan kapal selam. Sistem pengawasan terintegrasi juga diusulkan dengan harapan mampu menunjang sistem K4IPP TNI dalam mencapai keunggulan informasi.

**Kata kunci** : Identifikasi Ancaman, Akustik Tomografi, Konsep Sistem

**Abstract** - Indonesia domiciled by the sea area has the potential to pose a potentially large threat by sea. The findings of foreign underwater objects such as underwater mines and underwater drones and the under-optimal underwater surveillance in Indonesian indicate that underwater defense is very vulnerable to intrusion. Mastery of underwater technology is strategic, because many applications can be produced. Tomographic acoustics provide good results in mapping ocean currents. For this reason, researchers are interested in drafting an underwater surveillance system based on acoustic tomography. The purpose of this study is to identify underwater threats, examine acute tomography how to detect submarines and develop the concept of acoustic tomography-based surveillance systems. This study uses descriptive qualitative methods using analytical techniques include the definition of problems, gathering information until the concept development stage. Data is obtained by conducting interviews and literature studies related to research. The results show that: (1)

<sup>1</sup> Program Studi Teknologi Penginderaan, Fakultas Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan

<sup>2</sup> Fakultas Keamanan Nasional, Universitas Pertahanan

<sup>3</sup> Program Studi Teknologi Penginderaan Universitas Pertahanan

*Underwater threats include infiltration of foreign submarines, or underwater weapons, in addition there is a threat in the form of shadow zone which is an impermeable area of acoustic waves that allows foreign objects to be detected. (2) Tomographic acoustics detect submarines through submarine replication which forms a stable vertical wave pattern and lasts for a long duration, besides the submarine can be identified from the temperature of the heat produced by the submarine. (3) The supervision system is designed primarily to be located in the choke point location, because in general the point has a strait depth that tends to be in as a submarine crossing. An integrated supervision system was also proposed with the hope of being able to support the TNI C4ISR system in achieving information excellence.*

**Keywords:** Threat Identification, Acoustic Tomography, System Concepts

## Pendahuluan

Indonesia dari aspek geografi wilayahnya didominasi oleh lautan. Luas wilayah laut Indonesia mencapai 2/3 dari keseluruhan luasnya. Berada ditengah-tengah dua samudera (Hindia dan Pasifik) dan dua benua (Asia dan Australia) menjadi keuntungan bagi bangsa ini. Selain menyimpan kekayaan energi dan sumber daya lautnya, posisi strategis ini dimanfaatkan sebagai jalur perdagangan dunia. Tiga Alur Laut Kepulauan Indonesia (ALKI) menjadi jalur penting bagi lalu lintas perdagangan dunia. Indonesia harus memaksimalkan peran dan kedudukannya sebagai negara yang memiliki kekuatan di antara dua samudera (Hindia dan Pasifik) dan dua benua (Asia dan Australia). Namun demikian, luas wilayah laut juga menjadi tantangan bagi Indonesia untuk dapat

dikelola, dijaga, dan diamankan bagi kepentingan negara.<sup>4</sup>

Dihadapkan dengan model ancaman masa kini khususnya ancaman bawah air, beberapa kekuatan militer perlu dipertimbangkan, seperti kekuatan militer Amerika Serikat, Cina dan Rusia yang memiliki kapal selam nuklir dengan kemampuan meluncurkan rudal hulu ledak nuklir melalui bawah air. Kapal selam merupakan salah satu alutsista strategis karena kelebihanannya menyimpan senjata mematikan seperti torpedo, rudal anti pesawat, rudal anti kapal permukaan, bahkan rudal balistik antar benua yang dapat diluncurkan secara diam-diam (*stealth*).<sup>5</sup> Keberadaan kapal selam memiliki nilai strategis dan mampu memberikan efek gentar (*deterrence effect*). Kapal selam dinilai efektif karena mampu menghancurkan

---

<sup>4</sup> Marsetio, "Aktualisasi Peran Pengawasan Wilayah Laut dalam Mendukung Pembangunan Indonesia Sebagai Negara Maritim yang Tangguh", 2015.

<sup>5</sup> Elias Groll, Dan De Luce, "China is Fueling a Submarine Arms Race in The Asia-Pacific", 2018.

musuh tanpa diketahui pergerakan awalnya. kapal selam mampu melakukan penetrasi jauh ke dalam daerah perbatasan lawan.

Kapal selam sangat berbahaya dalam menghancurkan target, baik target dilaut maupun target didarat. Kapal selam sangat efektif digunakan dalam perang sebagai intelijen karena pergerakannya di bawah air secara senyap tidak dapat diketahui keberadaanya sehingga dapat memata-matai aktifitas militer maupun pergerakan sumberdaya lawannya. Terbukti dalam perang dunia II kapal selam Jerman mampu mengamati aktifitas logistik tentara Inggris dan kapal selam Jerman berkontribusi terhadap hancurnya kapal-kapal Inggris.<sup>6</sup> Selain itu, kapal selam memiliki kemampuan untuk merusak dan mengganggu jaringan komunikasi fiber optik bawah laut.<sup>7</sup> Fiber optik digunakan sebagai media transmisi data dan komunikasi di era digital ini. Terganggunya fiber optik maka berpengaruh terhadap layanan komunikasi seperti di perbankan, rumah sakit, sekolah, instansi swasta maupun

pemerintah yang dapat mengakibatkan kerugian ekonomi yang besar.

Kapal selam sebagai salah satu senjata strategis dalam Sistem Senjata Armada Terpadu (SSAT). Kapal selam pun dibutuhkan untuk menjaga wilayah Republik Indonesia (RI) yang kerap menjadi target untuk disusupi kapal atau pesawat asing, termasuk kapal selam negara lain yang secara diam-diam masuk perairan Indonesia.<sup>8</sup> Kapal selam asing yang masuk menyusup wilayah perairan Indonesia tergolong dalam pelanggaran atas kedaulatan negara. Pada tahun 2006 diketahui ada kapal selam asing masuk wilayah perairan Indonesia, tepatnya di Perairan Pulau Deli dan Pulau Tinjil, Pandeglang Banten.<sup>9</sup> Kemudian pada tahun 2016 kapal selam milik Cina diketahui tengah beroperasi di perairan Selat Malaka.<sup>10</sup> Pada 28 Januari 2016 diketahui kapal selam Amerika Serikat, USS Tucson SSN 770 terekam radar mendekati perairan Nongsa.

Saat ini pengawasan bawah air dilakukan dengan melakukan patroli laut dan udara, menggunakan kapal permukaan maupun helikopter dan

---

<sup>6</sup> Budiman Soesilo Indroyono, "Kapal Selam Indonesia", 2008.

<sup>7</sup> Safaraz, "AS dan Aliansinya Khawatir Rusia Sabotase Jaringan Komunikasi Bawah Laut", 2018.

<sup>8</sup> Darmawan, "Menyibak Gelombang Menuju Negara Maritim", 2018.

<sup>9</sup> *Ibid.*

<sup>10</sup> Metro News, "Kapal Perang & Kapal Selam Tiongkok Melintas di Selat Malaka", 2016.

pesawat tempur yang dilengkapi dengan sistem anti kapal selam oleh TNI AL.<sup>11</sup> Pemantauan kapal selam dengan menggunakan alutsista tersebut ditempatkan pada objek dengan mobilitas yang tinggi sehingga coverage area yang dipantau tidak secara terus menerus dilakukan dan memiliki keterbatasan serta biaya operasional yang tinggi.

Dibidang kelautan teknologi akustik telah banyak digunakan untuk berbagai tujuan misalnya untuk eksplorasi dan eksploitasi sumberdaya alam. Sehingga pengawasan bawah air dapat memanfaatkan akustik untuk mendeteksi objek bawah air. Teknologi akustik tomografi merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk memperoleh informasi keberadaan objek di bawah air. Teknologi akustik tomografi memberikan hasil yang baik dalam memetakan arus laut di wilayah selat dan teluk. Dengan hasil tersebut peneliti mencoba untuk mengimplementasikan teknologi akustik tomografi untuk dimanfaatkan sebagai perangkat dalam megawasi kapal selam.

Berdasarkan latar belakang masalah tersebut, maka peneliti tertarik melakukan penelitian lebih lanjut dengan

judul “Konseptual Desain Sistem Pemantauan Kapal Selam Asing Berbasis Teknologi Akustik Tomografi Guna Mendukung Sistem Pertahanan Negara”. Sehingga dengan adanya sistem pengawasan bawah air, diharapkan dapat mendukung sistem pertahanan negara di wilayah perairan Indonesia khususnya bawah air.

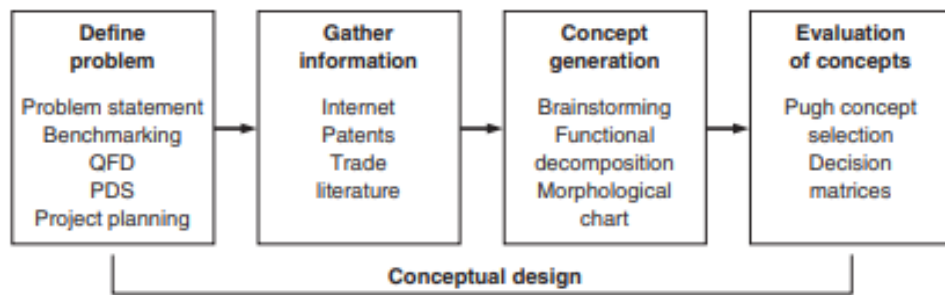
### **Metode Penelitian**

Metode yang digunakan dalam melaksanakan penelitian ini menggunakan metode kualitatif deskriptif, yaitu memberikan gambaran secara cermat konsep sistem yang akan dibangun.

Subjek penelitian adalah berupa benda, hal atau orang, tempat data untuk variabel penelitian melekat, dan yang dipermasalahan. Berdasarkan hal tersebut subjek penelitian memiliki peran penting dan strategis, karena subjek tersebut yang akan memberikan data tentang variabel penelitian. Subjek penelitian adalah pihak Instansi/Lembaga sebagai penyedia data dan informasi penelitian terkait penelitian. Adapaun subjek penelitian dalam penelitian ini

---

<sup>11</sup> Kusumadewi, “Kapal Selam Asing Masuk RI: Alasan TNI hidupkan Skuadron 100”,2015.



**Gambar 1.** Tahapan Analisis Data

Sumber: Dieter and Schmidt, "Engineering Process", 2007

adalah Koarmada 1, BPPT dan Pushidrosal.

Teknik pengumpulan data yang digunakan dalam penelitian ini adalah wawancara mendalam (*indepth interview*) dan studi literatur yang dapat memperdalam hasil penelitian. Wawancara dilakukan di Koarmada 1 kepada Asisten Operasi (Asops) Panglima TNI yang diwakili oleh Pabantik Sops Koarmada 1.

Teknik analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menggunakan metode pengembangan model oleh Dieter and Schmidt. Pengembangan model melalui tahapan yang secara lengkap ditampilkan pada **Error! Reference source not found..**

## Hasil dan Pembahasan

### Sistem Pengawasan Bawah Air

Sistem pengawasan bawah air merupakan suatu kumpulan elemen yang terdiri dari perangkat yang menerima dan menghasilkan gelombang suara untuk dapat diolah untuk mengidentifikasi objek

atau aktifitas dibawah laut. Teknologi akustik bawah air atau umum disebut dengan *hydroacoustic* dapat digunakan untuk berbagai kepentingan baik kepentingan sipil maupun militer seperti mencari keberadaan ikan, maupun mendeteksi kapal selam. Penerapan teknologi akustik bawah air selain dapat digunakan untuk kepentingan militer, juga dapat digunakan untuk mengukur kedalaman dasar laut (*Bathymetry*), mengidentifikasi jenis-jenis lapisan sedimen dasar laut, pemetaan dasar laut, pencarian kapal – kapal karam didasar laut, penentuan jalur pipa dan kabel di dasar laut sampai untuk keperluan analisa dampak lingkungan di dasar laut.

Sistem pengawasan bawah air menggunakan gelombang suara pertama kali diterapkan di awal tahun 1950 oleh angkatan laut Amerika Serikat. Sistem yang dikenal dengan SOSUS (*Sound Surveillance System*) ini menggunakan perambatan suara melalui media air yang dimaksudkan untuk memantau ancaman kapal selam Uni Soviet. Pada tahun 1950



**Gambar 2.** Jalur Sutra Maritim

Sumber: PricewaterhouseCoopers, China's new silk route The long and winding road, 2016.

tentara Amerika Serikat meluncurkan proyek yang bernama Jezebel yang kemudian diketahui sebagai SOSUS. Dan sistem pengawasan milik Amerika Serikat ini terus berkembang sampai saat ini.<sup>12</sup>

Selain itu, Rusia saat ini tengah mengembangkan sistem pengawasan bawah lautnya yang diberi nama Harmony. Sistem ini dikembangkan untuk mendeteksi kapal permukaan, kapal selam maupun pesawat tempur yang terbang rendah. Sistem ini pada dasarnya adalah robot yang diluncurkan atau di rilis dari kapal selam, kemudian akan membentuk stasiun akustik jika

perangkat ini sudah mencapai dasar laut.<sup>13</sup>

Sementara Cina membangun sistem pengawasan bawah air di sepanjang jalur sutra maritim (Maritime Silk Road) (**Error! Reference source not found.**) sebagai pendukung kapal selam Cina untuk mendeteksi target dalam rangka melindungi kepentingan negaranya. Sistem pengawasan yang dibangun oleh Cina didasarkan pada suatu jaringan platform yang terdiri dari pelampung, kapal permukaan, satelit dan peluncur bawah air (*underwater gliders*). Perangkat ini bertujuan untuk mengumpulkan data dari Laut Cina

<sup>12</sup> Edward C. Whitman, "SOSUS The Secret Weapon of Undersea Surveillance" , 2005 dalam [https://www.public.navy.mil/subfor/undersea-warfare-magazine/Issues/Archives/issue\\_25/sosus.htm](https://www.public.navy.mil/subfor/undersea-warfare-magazine/Issues/Archives/issue_25/sosus.htm), diakses pada 27 Januari 2017.

<sup>13</sup> Izvestia, "Russia Harmony for maritime surveillance", 2016 dalam [https://www.rbth.com/economics/defence/2016/11/30/russian-harmony-for-maritime-surveillance\\_652217](https://www.rbth.com/economics/defence/2016/11/30/russian-harmony-for-maritime-surveillance_652217)

Selatan, Samudera Pasifik Barat dan India.<sup>14</sup>

### Temuan Objek Asing di Perairan Indonesia

Berikut ini merupakan beberapa temuan perangkat yang diketahui ditemukan di perairan Indonesia dalam kurun waktu 2016-2018, diantaranya: penemuan pesawat tanpa awak dan penemuan alat survei hidro-oseanografi berbentuk torpedo yang diketahui adalah milik asing (**Error! Reference source not found.**). Temuan yang diketahui pada tanggal 05 Maret 2016 adalah alat Parnerplast/tail buoy yang merupakan bagian dari suatu sistem peralatan survei seismik di laut. Parnerplast merupakan peralatan yang banyak dikembangkan di wilayah Norwegia dan digunakan untuk mengukur gelombang suara (sound wave), mengetahui sumber daya mineral bawah laut, maupun personel. Hasil pemeriksaan awal oleh angkatan laut, alat tersebut dilengkapi dengan sensor Aptomar menggunakan teknologi inframerah definisi tinggi. Sistem kerja alat tersebut menggunakan tenaga matahari (sollarcel) serta dimungkinkan

menggunakan kamera karena penggunaannya dapat dipantau melalui *Personal Computer (PC) Portable*. Alat ini ditemukan di Perairan Midal, Kepulauan Natuna, Kepulauan Riau.

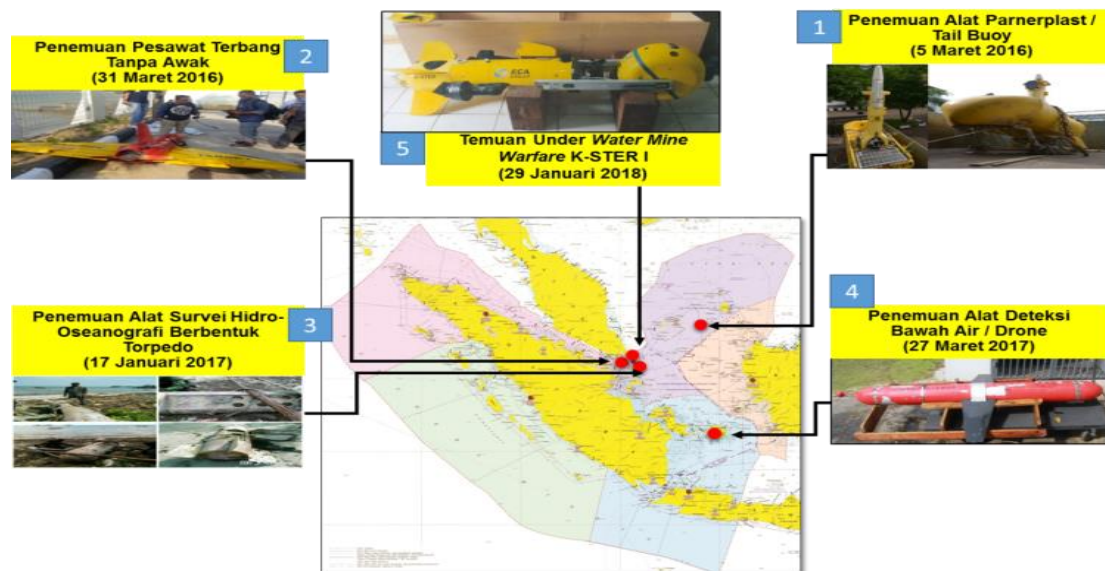
Selanjutnya penemuan benda menyerupai pesawat tanpa awak di Perairan Selat Philip, Batam pada 31 Maret 2016. Alat ini digunakan sebagai target drone untuk uji kesiapan rudal pertahanan udara dan meriam anti pesawat udara bahkan memungkinkan untuk digunakan sebagai alat pengintai. Pesawat tanpa awak jenis ini merupakan buatan inggris berkinerja 35-185 kt dengan daya tahan antara 1 (satu) – 3 (tiga) jam. Alat ini dapat dilengkapi dengan perangkat tambahan seperti radar, suar (flare), dan arm target.

Pada tanggal 29 Januari 2018 temuan berupa Underwater Mine Warfare K-STER I yang ditemukan di Selat Singapura pada. Alat ini berfungsi sebagai alat survei atau deteksi ranjau bawah air. Berdasarkan dugaan awal bahwa alat ini digunakan oleh Asing untuk misi pengintaian dan penelitian dasar laut.

---

<sup>14</sup> Chen S, "China's underwater surveillance network puts targets in focus along maritime Silk Road, 2017" dalam <https://www.scmp.com/news/china/diplomac>

y-defence/article/2126296/chinas-underwater-surveillance-network-puts-enemies, diakses pada 27 Januari 2017.



**Gambar 3.** Temuan Objek Asing disekitar Laut Natuna  
Sumber: Koarmada 1, 2018

### Identifikasi Ancaman

Pertahanan negara dilaksanakan untuk menangkal dan mengatasi setiap bentuk ancaman baik dari luar maupun dari dalam. Identifikasi ancaman yang berpotensi membahayakan keselamatan bangsa, membahayakan kedaulatan negara serta keutuhan wilayah NKRI menjadi dasar dalam penyusunan desain sistem pertahanan negara yang dalam penelitian ini berupa sistem pengawasan bawah air. Definisi pertahanan itu sendiri dalam Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2002 dalam Pasal 1 Ayat 1 dinyatakan bahwa Pertahanan negara merupakan segala usaha untuk mempertahankan kedaulatan negara, keutuhan wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia, dan keselamatan segenap bangsa dari

ancaman dan gangguan terhadap keutuhan bangsa dan negara.<sup>15</sup>

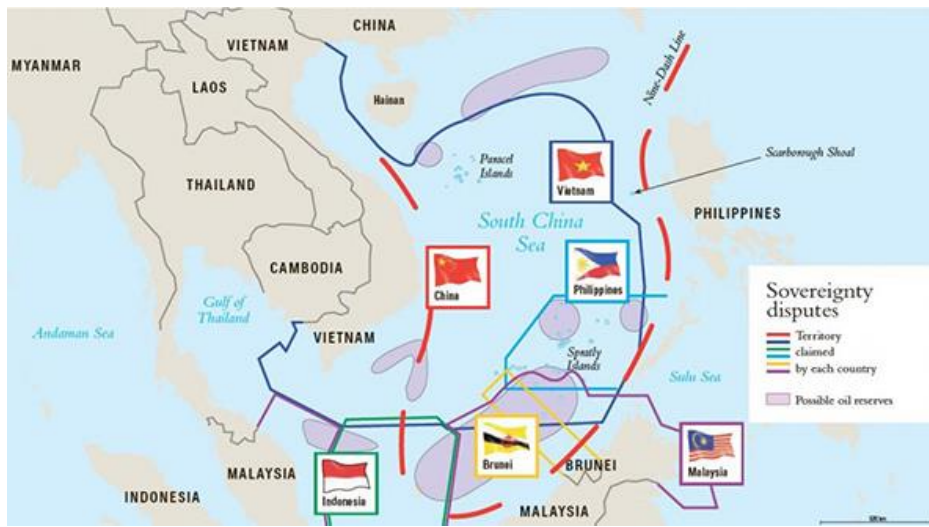
Ancaman, yaitu dalam Postur Pertahanan Negara merupakan upaya atau tindakan yang dinilai membahayakan kedaulatan negara, keutuhan wilayah negara dan keselamatan segenap bangsa yang bersumber dari dalam maupun luar negeri yang dapat dilakukan oleh aktor negara maupun non negara.<sup>16</sup> Ancaman merupakan sesuatu hal yang bersifat dinamis dapat kapan saja berubah dan berkembang sesuai dengan perkembangan lingkungan strategis.

Indonesia bernilai strategis yang dikaitkan dengan posisi Indonesia yang menguntungkan karena berada pada posisi silang diantara dua benua (Asia dan Australia) serta diantara dua samudera

<sup>15</sup> Undang-Undang RI Nomor 3 Tahun 2002 tentang Pertahanan Negara, Pasal 1, ayat (1).

<sup>16</sup> Departemen Pertahanan, "Postur Pertahanan Negara", 2015.





**Gambar 4.** Nine Dash Line Cina

Sumber: Gupta S, *The Nine Dash Line and Its Basis in International Law*, 2015

(Hindia dan Pasifik). Dengan posisi tersebut, menjadikan Indonesia terbuka oleh adanya jalur perdagangan dan pelayaran internasional. Berdasarkan kondisi geografis Indonesia yang berupa kepulauan dan tentunya berbatasan langsung dengan sejumlah negara mengakibatkan banyaknya ancaman dan tantangan. Jika tidak diantisipasi dengan baik, maka ancaman tersebut akan menyulitkan Indonesia untuk mewujudkan poros maritim dunia.

Disamping luas wilayah yang didominasi oleh air, hal ini terkait juga dengan kondisi lingkungan strategis di kawasan Indo-Pasifik yang memiliki kondisi yang tidak stabil yang berdampak pada masalah keamanan. Seperti halnya isu mengenai sengketa Laut Cina Selatan. Strategi Cina menguasai laut adalah dengan dibentuknya konsep geopolitik dengan membangun rantai pulau (*Island Chain*) yang ada sejak tahun 1947. Pada

**Error! Reference source not found.**

diperlihatkan bagaimana Cina membuat konsep geopolitiknya. Rantai pulau pertama yang dibatasi dengan nine-dash line sebagai “*sabuk pulau/island belt*” yang menghubungkan kepulauan Jepang, Kepulauan Ryukyu, Taiwan, Kepulauan Filipina, dan Kepulauan Sunda. Klaim teritorial Cina melalui Island Chain yang dibangun, khususnya island chain pertama bersinggungan dengan wilayah perairan sebelah utara Kepulauan Natuna sebagai wilayah Indonesia.

Sementara itu, Australia dengan kebijakan yang dibuat adalah *Australia's Maritime Identification Zone (AMIZ)* merupakan suatu strategi pertahanan Australia untuk mendukung pengamanan maritim. AMIZ adalah suatu implementasi dari Program Senjata Amerika (Standard Missile-3/SM-3). Dalam konsep AMIZ tersebut jangkauan pengawasan sejauh 1.000 mil laut atau 1.850 km dari garis

pantai daratan Australia dan jangkauan ini menjangkau 2/3 (dua per tiga) wilayah perairan Indonesia, yakni laut Jawa, Halmahera, dan laut Sulawesi. Dengan adanya kondisi tersebut Indonesia harus waspada akan kemungkinan adanya pelanggaran kedaulatan yang dilakukan atas dasar adanya kebijakan yang telah dibuat oleh Australia.

Adanya temuan yang sudah dijelaskan pada hasil penelitian, dapat mengindikasikan bahwa pertahanan bawah air sangatlah rentan. Adanya penyusupan objek asing tersebut menambah kewaspadaan dan tentunya harus ada upaya untuk meangkal kemungkinan terjadi kembali. Kondisi tumpang tindih teritorial dengan negara lain membuat kepentingan nasional di wilayah tersebut juga tidak sepenuhnya dapat dilaksanakan. Selain itu, hal ini berpotensi menjadi ancaman terhadap kedaulatan negara karena merupakan pelanggaran terhadap wilayah NKRI. Oleh karena itu penting untuk mengamankan kepentingan nasional Indonesia baik didarat, laut dan udara termasuk bawah air.

Sebagai sebuah negara kepulauan yang sangat terbuka dari berbagai arah, Indonesia berpotensi besar terhadap adanya penyusupan objek bawah air,

seperti ranjau laut, kapal selam musuh, dan kerangka kapal. Berbagai macam misi yang dilaksanakan objek bawah air memang tidak sepenuhnya merugikan bagi NKRI seperti contohnya objek bawah air yang memiliki misi survei data kelautan dan lain sebagainya. Akan tetapi dilihat dari perspektif pertahanan dan keamanan, hal ini menjadi kewaspadaan mengingat potensi sumber daya yang sangatlah besar.

Kurang optimalnya alutsista TNI AL untuk mengawasi wilayah perairan, menambah tingginya potensi ancaman tersebut. Disamping itu, terdapat suatu kondisi alam yang berdampak terhadap eskalasi ancaman semakin meningkat. Kondisi tersebut disebut sebagai *shadow zone*. *Shadow zone* itu sendiri adalah suatu wilayah dimana gelombang suara tidak dapat merambat atau lemah sehingga hampir tidak dapat merambat dalam suatu medium. Hal ini dapat terjadi karena perbedaan kedalaman, salinitas, dan suhu air laut. Dengan kondisi ini membuat *shadow zone* dapat dimanfaatkan untuk lokasi penyusupan objek asing karena di area tersebut tidak dapat dilalui oleh gelombang akustik.

Deteksi *shadow zone* dapat dilakukan dengan menggunakan kecepatan suara di dalam air yang

merupakan salah satu variabel penentu untuk transmisi suara di bawah air dalam penentuan shadow zone.<sup>17</sup> Dengan teknologi penginderaan bawah air, kondisi ini dapat juga terpantau.

Penyusupan kapal selam asing berpotensi untuk menimbulkan potensi ancaman lain seperti pengintaian, sabotase kabel bawah air maupun pipa dan tindakan ilegal lainnya yang merugikan negara. Sehingga dengan kurang optimalnya pengawasan, salah satu strategi yang dapat digunakan adalah dengan menggunakan teknologi penginderaan bawah air yang dapat mengawasi kolom perairan sehingga dapat meminimalisir ancaman berupa pelanggaran terhadap wilayah laut Indonesia.

### **Akustik Tomografi untuk Deteksi Kapal Selam**

Teknologi akustik tomografi merupakan salah satu metode yang dapat digunakan untuk memperoleh informasi keberadaan objek di bawah air. Teknologi akustik tomografi memanfaatkan gelombang suara yang dihasilkan oleh perangkat yang disebut sebagai transduser. Transduser itu sendiri

berfungsi untuk mengubah sinyal listrik menjadi sinyal suara. Tidak hanya itu, teknologi ini dilengkapi dengan perangkat hidrofons yang berfungsi untuk merekam suara atau gelombang akustik di kolom perairan. Pengertian hidrofons yang dikutip dari penelitian sebelumnya merupakan suatu alat yang dapat menangkap suara di bawah air yang dipancarkan oleh suatu objek. Komponen utama dari hidrofons yaitu piezoelectric yang bekerja untuk menangkap suara di dalam air, kemudian suara diperkuat oleh amplifier, agar terdengar pada *loudspeaker*.<sup>18</sup> Hidrofons ditempatkan sedemikian rupa untuk dapat menerima gelombang suara sebagai data masukan dalam mengidentifikasi objek bawah air.

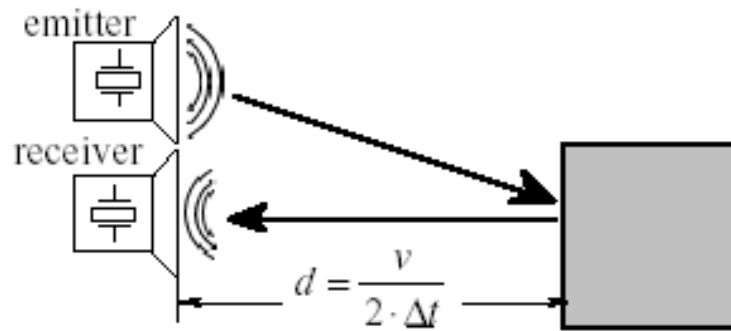
Akustik tomografi pada dasarnya menggunakan sinyal balik untuk mendeteksi objek yang diterima melalui hidrofons. Waktu tempuh sinyal balik yang diterima perangkat akustik, mengindikasikan bahwa ada tidaknya objek di area pengawasan. Cara kerja instrumen akustik yaitu memancarkan gelombang suara menuju kolom perairan melalui transduser dan kemudian gelombang suara yang dipancarkan ke

---

<sup>17</sup> Isniawati, H., Amhar, F., & Octavian, A. 2017. Deteksi Shadow Zone dengan Metode Parabolic Equation dalam Mendukung Patroli

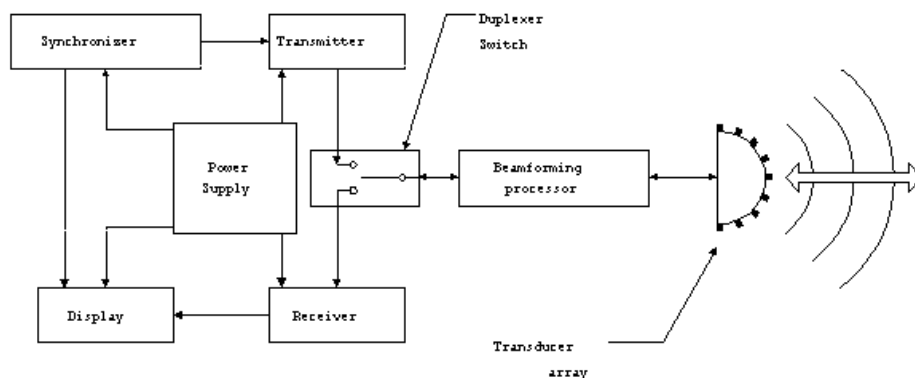
Laut di Selat Makassar. Jurnal Prodi Universitas Pertahanan.

<sup>18</sup> Rustamaji, *loc. cit.*



**Gambar 5.** Prinsip Pemantulan Kerja Sonar

Sumber: Setiawan I, Simulasi Model Sensor Sonar Untuk Keperluan Sistem Navigasi Robot Mobile, 2006.



**Gambar 6.** Diagram Sonar Aktif

Sumber: [www.fas.org](http://www.fas.org), diakses pada 28 Januari 2019.

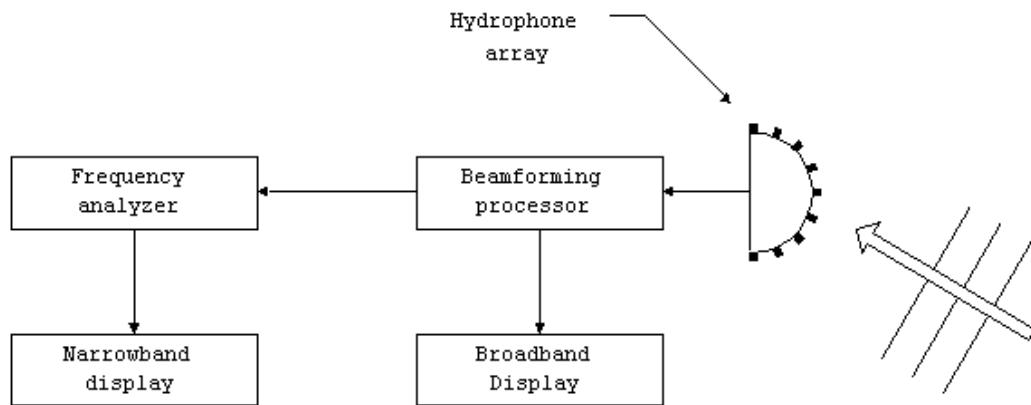
kolom perairan akan mendeteksi objek<sup>19</sup> seperti kapal selam, ikan dan biota laut lainnya. Sinyal yang kembali dari objek akan diterima kembali oleh transduser dan selanjutnya akan diidentifikasi objek tersebut (Manik, 2014) (Lihat **Error! Reference source not found.**). Dari hasil perekaman sinyal balik dari objek, akan dikuantifikasi untuk mendapatkan nilai kuat pantul (Target Strength), Volume Backscattering Strength (SV), serta kepadatan objek sehingga pada akhirnya

objek dapat diidentifikasi. Identifikasi objek dapat dihitung melalui sinyal balik akustik yang diperoleh.

Setiap objek dilaut seperti kapal, kapal selam, ikan dan mamalia menghasilkan suara dan suara yang dihasilkan oleh objek tersebut dapat digunakan sebagai indikator keberadaannya. Dalam mendeteksi gelombang suara dilaut, terdapat dua metode yang dapat digunakan yaitu pasif dan aktif.<sup>20</sup> Teknologi akustik pasif

<sup>19</sup> Federation of American Scientists (FAS), "Introduction to Naval Weapons Engineering", 1998, dalam [https://fas.org/man/dod-101/navy/docs/es310/asw\\_sys/asw\\_sys.htm](https://fas.org/man/dod-101/navy/docs/es310/asw_sys/asw_sys.htm), diakses 28 Januari 2019.

<sup>20</sup> Federation of American Scientists (FAS), "Introduction to Naval Weapons Engineering, 1998". [online] [https://fas.org/man/dod-101/navy/docs/es310/asw\\_sys/asw\\_sys.htm](https://fas.org/man/dod-101/navy/docs/es310/asw_sys/asw_sys.htm) Diakses 28 Januari 2019.



**Gambar 7.** Diagram Sonar Pasif

Sumber: [www.fas.org](http://www.fas.org), diakses pada 28 Januari 2019.

mendeteksi objek dengan hanya menerima gelombang suara yang datang dari berbagai objek pada kolom perairan (Gambar 6), sedangkan metode aktif memiliki kemampuan menghasilkan gelombang suara yang dapat mendeteksi jarak objek yang berada di bawah perairan (Gambar 5). Untuk jenis metode aktif, terdapat tiga jenis sonar aktif, yang dikelompokkan berdasarkan frekuensi suara yang digunakan. Klasifikasi tersebut adalah sonar frekuensi rendah dari 50 Hertz hingga 3 kilo Hertz, frekuensi menengah (3KHz sampai 15kHz) dan frekuensi tinggi di atas 15kHz<sup>22</sup>.

Teknologi akustik tomografi menggunakan metode aktif dimana perangkat ini akan menghasilkan gelombang suara yang akan dipancarkan ke kolom perairan serta metode pasif yang berfungsi untuk hanya menerima gelombang akustik dikolom perairan.

Akustik tomografi menggunakan gelombang suara untuk mendeteksi objek di bawah air dengan menerima waktu tempuh gelombang. Jarak objek atau dasar laut dapat dihitung dengan mengukur waktu tempuh antara sinyal yang dikirim dan sinyal yang diterima. Kecepatan suara dalam air tergantung pada kondisi suhu, salinitas, dan tekanan yang terkait langsung dengan kedalaman.

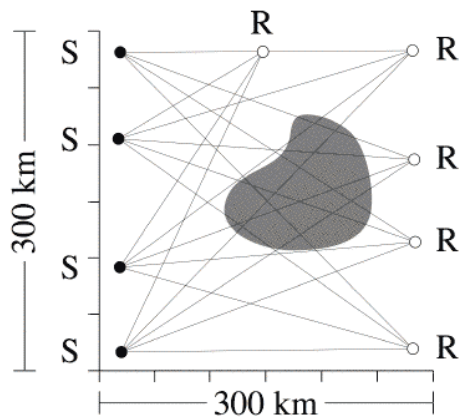
Akustik tomografi pada dasarnya memiliki konsep terdiri dari pemancar dan penerima yang saling mengirim dan menerima gelombang akustik sehingga membentuk path yang memungkinkan untuk suatu objek akan terdeteksi jika melintasi area tersebut (Gambar ). Dapat dilihat di Gambar , misalnya terdapat empat sumber akustik (S) mentransmisikan gelombang akustik ke lima penerima akustik (R), dengan masing-masing perangkat mentransmit

<sup>21</sup> Ibid.

<sup>22</sup> Deutsche Welle, "Apa itu Teknik Sonar, 2015", dalam [https://www.dw.com/id/apa-itu-teknik-](https://www.dw.com/id/apa-itu-teknik-sonar/a-18167202)

[sonar/a-18167202](https://www.fas.org), diakses pada 27 Januari 2019.

gelombang yang akan diterima oleh ke lima penerima (R) sehingga terdapat 20 jalur akustik melalui wilayah sekitar 300



kilometer.

**Gambar 7.** Ilustrasi Kerja Akustik Tomografi  
Sumber: [www.dosits.org](http://www.dosits.org), diakses pada 25 Januari 2019.<sup>23</sup>

Selama ini pengawasan bawah air NKRI dilakukan dengan cara melakukan gelar operasi militer patroli keamanan. Dalam pelaksanaannya, gelar operasi patroli kewanan tersebut menggunakan alutsista yang ada berupa kapal permukaan anti kapal selam, kapal *multi role light frigate* (MRLF) dan helikopter anti kapal selam. Hal ini dirasa kurang optimal berjalan dikarenakan tidak semua wilayah perairan dapat dijangkau. Jumlah komponen alutsista tersebut tergolong kurang untuk dapat memantau seluruh wilayah teritorial NKRI. Kapal selam

dirancang sedemikian rupa sehingga dapat seminimal mungkin memantulkan gelombang suara. Disampaikan oleh narasumber bahwa:

“...Kapal selam disebut sebagai senjata strategis atau unsur depan untuk melaksanakan intai karena sangat sulit untuk dideteksi dan kapal selam beroperasi pada laut dalam agar tidak dapat terdeteksi. Kapal selam akan aman untuk melintas pada kedalaman lebih dari 100 meter. jika dilaut dangkal maka ruang gerak kapal selam terbatas.”<sup>24</sup>

Kapal selam merupakan objek bawah air yang keberadaanya sulit untuk dideteksi. Kapal selam dinilai efektif karena mampu menghancurkan musuh tanpa diketahui pergerakan awalnya. Kapal selam mampu melakukan penetrasi jauh ke dalam daerah perbatasan lawan. Sulitnya deteksi kapal selam didukung oleh salah satunya adalah material yang digunakan dalam pembuatan kapal selam. Terdapat jenis material khusus untuk meminimalisir pantulan gelombang akustik yang dipancarkan oleh sistem pengawasan atau pancaran perangkat sonar dapat dihamburkan sehingga

<sup>23</sup> Discovery of Sound in the sea, “How is sound used to measure temperature in the ocean?, 2017”, dalam <https://dosits.org/people-and-sound/research-ocean-physics/how-is-sound->

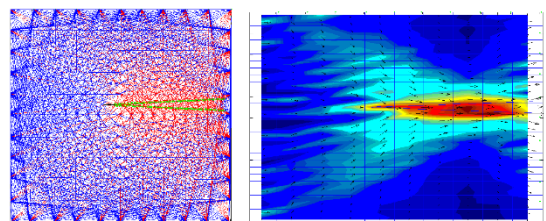
[used-to-measure-temperature-in-the-ocean/](https://dosits.org/people-and-sound/research-ocean-physics/how-is-sound-used-to-measure-temperature-in-the-ocean/), diakses pada 25 Januari 2019.

<sup>24</sup> Wawancara dengan Pabantik Sops Koarmada 1 di Gedung Panglima Koarmada 1 pada 14 Januari 2019.

kemungkinan sinyal balik yang ditangkap dapat samar dan menyulitkan proses identifikasi. Selain material yang digunakan, faktor kebisingan yang dihasilkan oleh sistem penggerak kapal selam dapat diredam. Putaran baling-baling kapal selam dapat menimbulkan suara udara yang dikeluarkan di belakang kapal dapat diredam. Gelembung yang pecah dapat menimbulkan suara, membuat suara dari kapal selam dapat terdeteksi. Teknologi yang semakin berkembang membuat kondisi ini juga dapat diatasi dengan membuat kapal selam bergerak senyap sehingga sulit untuk terdeteksi.

Akan tetapi dengan kemampuan senyap yang dimiliki kapal selam, tidak menutup kemungkinan untuk kapal selam terdeteksi. Kapal selam dapat dijelajah keberadaanya berdasarkan ulakannya. Kapal selam umumnya memiliki dimensi besar yang dapat digunakan untuk menyimpan senjata didalamnya. Dimensi yang dimiliki kapal selam membuat area deteksi menjadi lebih luas. Disamping itu kapal selam mengeluarkan frekuensi suara untuk keperluan navigasi, dan kondisi ini memungkinkan untuk kapal selam dapat diketahui keberadaanya. Cara lain yang dapat digunakan untuk mendeteksi

kapal selam adalah dengan menangkap perubahan kondisi perairan akibat proses yang dihasilkan oleh kapal selam. Pada Gambar 5 merupakan ilustrasi identifikasi kapal selam menggunakan ulakannya. Dari ilustrasi tersebut terdapat jalur propagasi gelombang suara yang dihasilkan oleh perangkat akustik sehingga membentuk suatu area pengawasan yang memungkinkan suatu objek yang melintasinya akan terdeteksi. Pendeteksian dilakukan dengan menangkap fenomena yang dihasilkan oleh objek tersebut seperti salah satu contohnya ulakan yang dihasilkan dari



sistem penggerak kapal selam.

**Gambar 5.** Deteksi Kapal Selam Memanfaatkan Ulakan Kapal Selam  
Sumber: BPPT, 2018.

Kapal selam nuklir memiliki sistem yang harus berada pada suhu yang stabil. Itu artinya diperlukan pendingin untuk dapat menjaga suhu yang stabil tersebut. Untuk menjaga kestabilan suhu mesin diperlukan pompa untuk mengeluarkan suhu panas dan menarik masuk suhu dingin melalui air laut. Sehingga ada sirkulasi udara untuk kapal selam nuklir

dapat beroperasi. Hasil pembuangan suhu panas yang dihasilkan kapal selam nuklir ini dapat menjadi jejak untuk mendeteksi keberadaannya. Ulakan panas yang dihasilkan dapat menjadi data penjejak pergerakan kapal selam. Panas yang dihasilkan oleh kapal selam tentunya berbeda yaitu lebih hangat daripada lingkungannya. Gelombang suara yang bergerak melalui wilayah dengan suhu tinggi akan bergerak sedikit lebih cepat daripada suara yang bergerak melalui suhu rata-rata lingkungannya pada saat itu, karena kecepatan suara meningkat dengan meningkatnya suhu, seperti yang telah dijelaskan sebelumnya bahwa kecepatan gelombang suara dipengaruhi oleh kedalaman, salinitas, dan temperatur/suhu. Oleh karena itu waktu waktu tempuh sinyal akustik yang melewati daerah hangat tersebut akan sedikit lebih pendek atau lebih cepat dari yang seharusnya. Dengan menggabungkan semua waktu perjalanan yang berbeda dari setiap perangkat akustik, dimungkinkan untuk dapat memetakan lokasi yang menunjukkan daerah hangat dan dingin yang dilalui suara.

Disamping itu, menurut Spedding dalam penelitian Fadli 2017, menjelaskan bahwa ulakan yang timbul akibat gerakan kapal selam memiliki pola yang stabil berupa pergantian secara teratur jejak pusaran vertikal di bagian belakang ekor dan terjadi dalam durasi panjang. Pergerakan kapal selam menimbulkan pola ulakan secara vertikal yang terjadi dalam durasi panjang dan stabil. Hal ini berbeda dengan pola internal wave yang dihasilkan oleh proses alam, karena memiliki kecepatan fase gelombang lebih kecil yaitu 1 m/s, dibandingkan dengan kecepatan minimum kapal selam yaitu 4 m/s.<sup>25</sup>

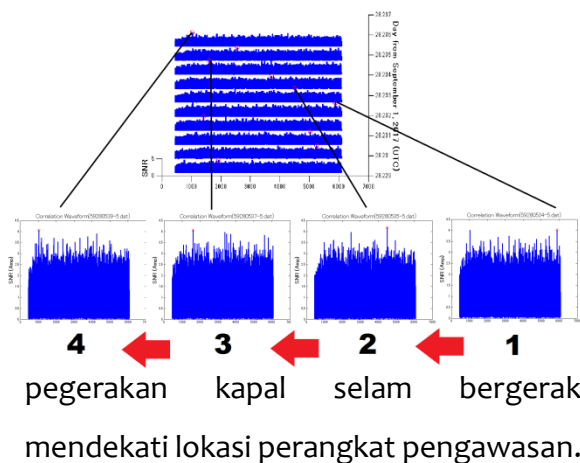
Tidak hanya mendeteksi keberadaannya, pergerakan kapal selam dapat juga diketahui arahnya berdasarkan hasil dari akumulasi waktu dengan menerapkan algoritma didalamnya untuk menghitung waktu tempuh masing-masing stasiun akustik. Sesuai dengan kerja akustik tomografi yang dilustrasikan melalui Gambar , bahwa akustik tomografi terdiri dari himpunan atau set perangkat yang saling menerima dan memancarkan gelombang. Hal ini dapat menjadi data masukan untuk mengetahui pergerakan kapal selam.

---

<sup>25</sup> Fadli Syamsudin, Kemenhan, “Melcak Kapal Selam di Selat Lombok”, 2009.



Menurut salah satu narasumber, dibutuhkan setidaknya empat perangkat akustik untuk dapat menjejak pergerakan kapal selam. Berikut ini merupakan data pergerakan kapal selam yang dapat diketahui dengan melakukan penjejakan sinyal balik. Gambar 6 menampilkan data berupa sinyal balik yang melacak arah pergerakan kapal selam dari jarak 6 kilometer. Data ini merupakan data percobaan stasiun akustik dilokasi Pulau Sangiang di Selat Sunda. Dari gambar tersebut diperoleh informasi bahwa



**Gambar 6.** Penjejakan Sinyal Balik Kapal Selam  
Sumber: BPPT, 2017.

Berdasarkan penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa akustik tomografi mendeteksi keberadaan kapal selam melalui ulakan yang dihasilkan. Ulakan kapal selam memiliki pola stabil

yang berbeda dengan ulakan yang terjadi karena proses alam. Disamping itu, untuk kapal selam dengan tenaga nuklir, keberadaanya dapat diidentifikasi melalui kondisi panas yang dihasilkan oleh reaktor kapal selam tersebut. Dengan komposisi perangkat akustik memungkinkan dilakukannya penjejakan pergerakan kapal selam melalui informasi yang dihasilkan oleh masing-masing perangkat akustik.

## Rancangan Sistem Pengawasan Bawah Air Berbasis Teknologi Akustik

### Tomografi

Kebutuhan akan keamanan, sebagai negara kepulauan yang mengarah pada kebijakan poros maritim dunia membuat segala aspek harus terpenuhi tingkat keamanannya baik di darat, laut dan udara termasuk bawah air. Unsur-unsur geografi sangat menentukan dalam penyelenggaraan fungsi pokok pemerintahan negara, yaitu: fungsi pertahanan dan keamanan, fungsi ekonomi, fungsi sosial dan budaya, dan fungsi politik.<sup>26</sup>

Sebagai upaya membangun kekuatan maritim, sistem pengawasan merupakan salah satu proses identifikasi objek dan berkaitan erat dengan

<sup>26</sup> Wahyono, S.K. *loc.cit.*

keamanan. Terjaminnya keamanan nasional akan menambah kepercayaan dunia terhadap bangsa Indonesia yang akan berdampak bagi pertumbuhan ekonomi dalam menunjang pembangunan nasional. Secara ideal sistem pengawasan dalam rangka menjaga keamanan haruslah berlapis untuk mengamankan aset yang dimiliki. Seperti halnya dalam bidang teknologi informasi bahwa keamanan merupakan syarat mutlak yang harus dipenuhi untuk melindungi data yang dimiliki dari akses yang tidak diinginkan. Begitupun dengan bidang militer, dimana sistem pengawasan bawah air perlu diadakan untuk menambah kekuatan dan memperkuat pertahanan bawah air sehingga dapat mencegah terjadinya penyusupan objek asing termasuk kapal selam terhadap wilayah kedaulatan NKRI.

Sistem Pengawasan bawah air berbasis teknologi akustik dirancang sebagai pengganti untuk menambah kemampuan pengawasan menjadi optimal. Disampaikan oleh narasumber bahwa secara ideal sistem pengawasan harus mampu menjangkau seluruh wilayah NKRI. Namun jika berdasarkan prioritas, lokasi utama untuk diterapkannya sistem pengawasan berbasis teknologi akustik ini adalah pada

choke point. Choke point merupakan pintu yang dapat dilalui oleh kapal dagang maupun kapal militer untuk dapat masuk dalam wilayah yang dituju. Indonesia memiliki 4 dari 8 choke point dunia yang ramai dilewati oleh kapal dagang asing, yaitu Selat Malaka, Selat Sunda, Selat Lombok dan Selat Makasar.

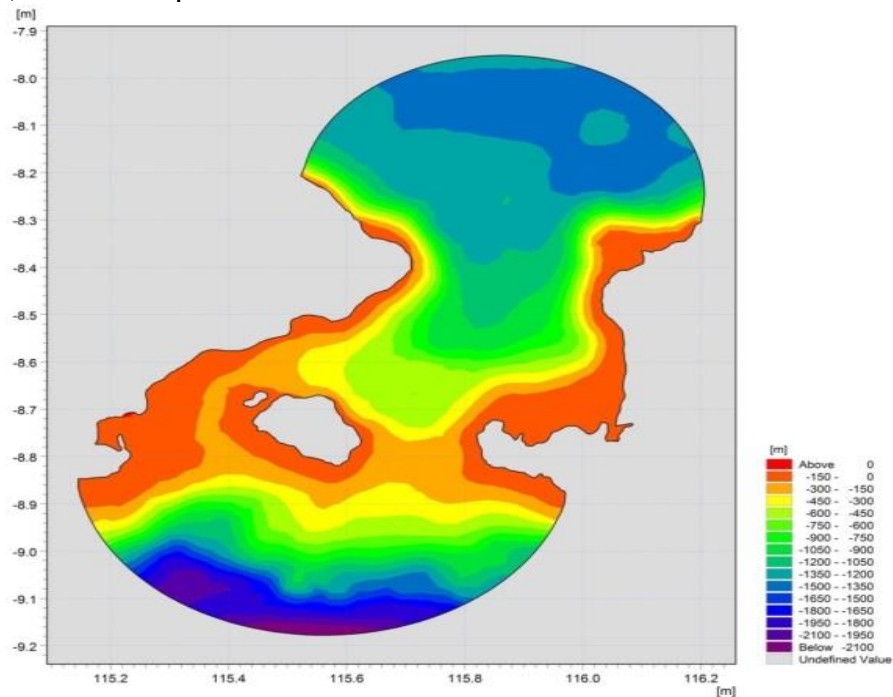
Salah satu dari ke-4 selat tersebut adalah Selat Lombok yang merupakan selat penghubung antara Laut Jawa dengan Samudera Hindia. Selat Lombok terletak diantara pulau Bali dan Lombok Indonesia. Titik tersempit terletak di pembukaan pada bagian selatan dengan lebar hanya 18 km, sedangkan pada pembukaan utara sepanjang 40 km. Sebagai jalur perdagangan dan perlintasan kapal asing, maka sudah seharusnya jalur ini dapat diawasi dengan baik agar supaya aktifitas dilokasi tersebut dapat terkontrol. Dan memastikan keamanan untuk semua bentuk aktifitas yang dapat membahayakan pengguna jalur tersebut. Disampaikan oleh R. Agus H. Purnomo selaku Direktur Jenderal Perhubungan Laut Kementerian Perhubungan Republik Indonesia menyatakan:

“...Adapun Selat Lombok yang terletak di jalur lalu lintas kapal yang dikategorikan sebagai ALKI II juga merupakan jalur lalu lintas

internasional yang memiliki kepadatan tinggi dikarenakan oleh keberadaan kawasan wisata di sekitarnya.”<sup>27</sup>

Selat memiliki karakteristik kedalaman yang cenderung lebih dalam dari perairan lainnya. Kondisi ini dapat digunakan sebagai jalur lintas kapal selam karena aman untuk dilalui. Kapal selam memiliki karakteristik beroperasi di kedalaman. Berdasarkan keterangan dari narasumber bahwa minimum untuk kapal selam dapat bergerak aman adalah berada pada kedalaman 100 meter. Jika kondisi kedalaman perairan kurang dari 100 meter, maka kapal selam akan

kepermukaan (*surface depth*) karena kondisi tersebut sangat rawan untuk dilalui. Kapal selam membutuhkan kondisi perairan dalam namun tidak menutup kemungkinan untuk kapal selam berada diperairan dangkal. Berdasarkan kedalaman perairan, selat lombok masuk kedalam klasifikasi area aman untuk jalur lintasan kapal selam. Pada Gambar 4.10, tersebut terklasifikasi menurut warna berdasarkan kedalamannya. Kedalaman Selat Lombok rata-rata berada diatas angka 100 meter yang berarti memungkinkan untuk dilaluinya kapal selam. Selain itu tinggi nya aktifitas di



**Gambar 10.** Profil Kedalaman Selat Lombok  
Sumber: BPPT, 2017.

<sup>27</sup> Ambari M, “Pertama di Dunia, Selat Sunda dan Selat Lombok Punya Alur Pemisahan Laut Sendiri, Apa Itu?, 2019”. dalam <https://www.mongabay.co.id/2019/02/14/>

pertama-di-dunia-selat-sunda-dan-selat-lombok-punya-alur-pemisahan-laut-sendiri-apa-itu/, diakses pada 2 Februari 2019.

selat ini sebagai jalur perdagangan, membuat faktor keamanan lokasi tersebut harus mendapat jaminan keamanan yang tinggi.

Dengan memanfaatkan jarak jangkauan frekuensi rendah pada perangkat akustik, Indonesia dapat mengawasi aktifitas objek bawah air yang berada pada Selat Lombok. Dengan ditempatkannya perangkat ini Indonesia akan memiliki sistem deteksi dini untuk bawah air sehingga dapat mengantisipasi ancaman yang datang. Dibutuhkan perangkat akustik untuk memagari Selat Lombok yang terdiri dari sumber pemancar akustik dan penerima akustik atau hidrofon. Hidrofon merupakan perangkat penerima akustik dengan metode pasif yang telah digunakan oleh militer dalam mengembangkan sistem keamanan dari ancaman objek bawah air pada daerah Estuari dengan melakukan perekaman suara yang ditimbulkan oleh objek itu sendiri.<sup>28</sup>

Keunggulan hidrofon dalam merekam aktifitas bawah air juga disampaikan dalam penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa penempatan hidrofon, mampu

memonitor ulakan kapal selam di atas lautan yang luas dengan batas deteksi dan akurasi lokasi hampir mendekati sistem pemantauan suara angkatan laut US yaitu SOSUS (*Sound Surveillance System*).<sup>29</sup> Sehingga dengan adanya hidrofon pada sistem pengawasan ini dapat mengawasi segala bentuk aktifitas bawah air dalam rangka mewujudkan keamanan bawah air.

Selanjutnya untuk pemancar pada sistem pengawasan yang disebut sebagai transmitter, dalam penelitian sebelumnya telah dilakukan perancangan perangkat pemancar sonar untuk mendeteksi kapal selam. Penelitian yang dilakukan oleh Ismail pada tahun 2012 menggunakan frekuensi kerja pada daerah 22 sampai 26 KHz. Angka ini diperoleh dari penyesuaian dengan elemen transduser yang mungkin ada. Jarak maksimum untuk perangkat ini adalah 10.000 meter. Dengan jarak maksimum yang dimiliki perangkat, selanjutnya dapat ditentukan berapa jumlah ideal perangkat untuk ditempatkan pada area pengawasan yang dikehendaki.

Stasiun akustik ini ditempatkan di bagian terdepan (Lihat

---

<sup>28</sup> Lubis, M.Z., Pujiyati, S., & Wulandari, P.D, Akustik Pasif untuk Penerapan di Bidang Perikanan dan Ilmu Kelautan, 2016, Jurnal Oseana Vol. XLI No. 2.

<sup>29</sup> Fox, C.G., Matsumoto, H., & Lau, T.A. 2001. *Monitoring Pacific Ocean seismicity from an autonomous hydrophone array*. Journal Of Geophysical Research, Vol. 106, No. B3.

). Hal ini dimaksudkan sistem pengawasan ini bertugas memberikan informasi secara dini jika kemungkinan adanya penyusupan objek asing. Secara ideal, daya jangkau perangkat akustik disesuaikan dengan seberapa luas area yang dikehendaki adanya sistem pengawasan. Semakin rendah frekuensi maka semakin jauh jangkauan area yang dapat diawasi. Dalam konsep sistem pengawasan ini menggunakan perangkat pemancar hasil pengembangan penelitian terdahulu yang menghasilkan frekuensi kerja perangkat sonar pada daerah 22 sampai 26 KHz dengan jarak maksimumnya adalah 10.000 meter. Untuk itu pada area yang dikehendaki (Lihat

) yang memiliki luas 200 km<sup>2</sup> (luas area diukur dengan fitur pengukuran di google earth), sehingga dibutuhkan 20 perangkat akustik untuk memagari Selat Lombok.

Sistem pengawasan ini dipasang untuk dapat mengumpulkan data dikolom perairan yang kemudian data tersebut dapat diproses lebih lanjut untuk dilakukan identifikasi. Didunia militer, sistem pengawasan yang mampu mendeteksi secara dini adanya ancaman sangat diperlukan untuk mencapai keunggulan informasi serta bertujuan

untuk meningkatkan keunggulan daya tangkal di dalam sebuah sistem pertahanan. Teknologi akustik tomografi sebagai sistem penginderaan merupakan masukan bagi sistem informasi untuk memonitor kawasan Indonesia di bawah air. Dan sistem pengawasan ini merupakan sesuatu hal yang dapat dimanfaatkan untuk mendukung sistem Komando, Kendali, Komunikasi, Komputer, Intelijen, Pengintaian dan Pengamatan (K4IPP) yang mana sistem ini memanfaatkan penginderaan dan perkembangan teknologi informasi untuk mencapai keunggulan informasi baik dalam masa perang maupun masa selain perang.

Konsep peperangan masa kini merujuk kepada konsep peperangan Amerika Serikat . Konsep tersebut adalah Network Centric Warfare (NCW) yang merupakan konsep sistem komando dan kendali (siskodal) operasi militer masa kini yang mengintegrasikan seluruh komponen atau elemen militer ke dalam satu jaringan komputer NCW yang berbasis satelit dan jaringan internet rahasia. Dengan konsep NCW, maka berbagai komponen militer yang terlibat dalam operasi tempur dapat saling terhubung satu sama lain secara real time, sehingga keberadaan ancaman

dapat segera diketahui melalui visualisasi di perangkat komputer maupun laptop. Menurut Pengamat Militer dan Intelijen, Dr. Susaningtyas Nefo Handayani Kertopati, M.Si., dalam acara pembekalan tentang Intelijen Maritim di markas Koarmada 1, bahwa:

“NCW bertujuan untuk memungkinkan terjadinya pertukaran informasi yang cepat, akurat dan berkelanjutan mengenai kondisi terkini hingga terwujudnya kondisi speed of command dalam merespon setiap keamanan maritim.”<sup>30</sup>

Perancangan sistem pengawasan dimaksudkan untuk menjamin keamanan yang merupakan suatu strategi negara dalam menangkal ancaman untuk menegaskan kedaulatan negara yang diartikan dalam Undang-Undang nomor 34 tahun 2004 yaitu mempertahankan kekuasaan negara untuk melaksanakan pemerintahan sendiri yang bebas dari ancaman. Selain itu pengawasan ini dilakukan untuk menjaga keutuhan wilayah yang dimaksud dalam Undang-Undang nomor 34 tahun 2004 adalah mempertahankan kesatuan wilayah kekuasaan negara dengan segala isinya, di darat, laut, dan udara yang batas-

batasnya ditetapkan dengan Undang-Undang termasuk didalamnya mencakup wilayah bawah air.

Patroli di laut baik di permukaan maupun bawah air untuk mengawasi wilayah Indonesia yang luas tentu menjadi tantangan besar. Diperlukan waktu, tenaga dan biaya yang besar agar patroli dapat dilaksanakan secara rutin dan menyeluruh. Dengan penggunaan akustik tomografi, dapat mendukung kebutuhan dalam melakukan pengawasan terhadap aktivitas yang mencurigakan. Sistem akustik tomografi merupakan sistem penginderaan aktif yang jika dihadapkan dengan sistem modern, haruslah dapat terintegrasi. Berdasarkan Peraturan Menteri Pertahanan Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2016 bahwa K4IPP adalah suatu sistem yang memadukan dan mengsinergikan unsur-unsur Komando, Kendali, Komunikasi, Komputerisasi, Informasi, Pengamatan dan Pengintaian untuk meningkatkan kualitas komando dan pengendalian komando dari pimpinan TNI kepada unsur-unsur pelaksana maupun sistem senjata secara cepat dan tepat dalam rangka

---

<sup>30</sup> Saragih, R., “Perang Modern dan Data Gathering & Network Centric Warfare, 2017”. dalam <https://jakartagreater.com/perang->

[modern-dan-data-gathering-network-centric-warfare/](https://jakartagreater.com/perang-modern-dan-data-gathering-network-centric-warfare/), diakses pada 29 Januari 2019.

kepentingan tugas pertahanan negara. K4IPP merupakan sebuah kebutuhan dan menjadi sebuah komponen utama pada setiap Organisasi Militer baik pada saat damai maupun pada saat operasi militer atau perang.<sup>31</sup>

Untuk memenuhi kebutuhan akan kecepatan dalam pengambilan keputusan, sistem pemantauan yang dikembangkan haruslah dapat secara cepat dan tepat memberikan informasi akan adanya ancaman. Saat ini memasuki era sistem penginderaan modern yang mengedepankan integrasi berbagai komponen untuk mendapatkan keunggulan informasi. Untuk itu, konsep sistem akustik tomografi dirancang dapat terintegrasi dengan pusat komando dan kendali angkatan laut. Menurut Michel Foucault bahwa tidak ada sistem yang dapat berlaku tunggal atau dapat diartikan beroperasi secara mandiri, tidak ada yang dapat menyatukan seluruh bagian-bagian, akan tetapi system by system.<sup>32</sup>

Salah satu gagasan pokok yang disampaikan oleh Pangkoarmada 1 adalah terkait pentingnya integrasi peralatan

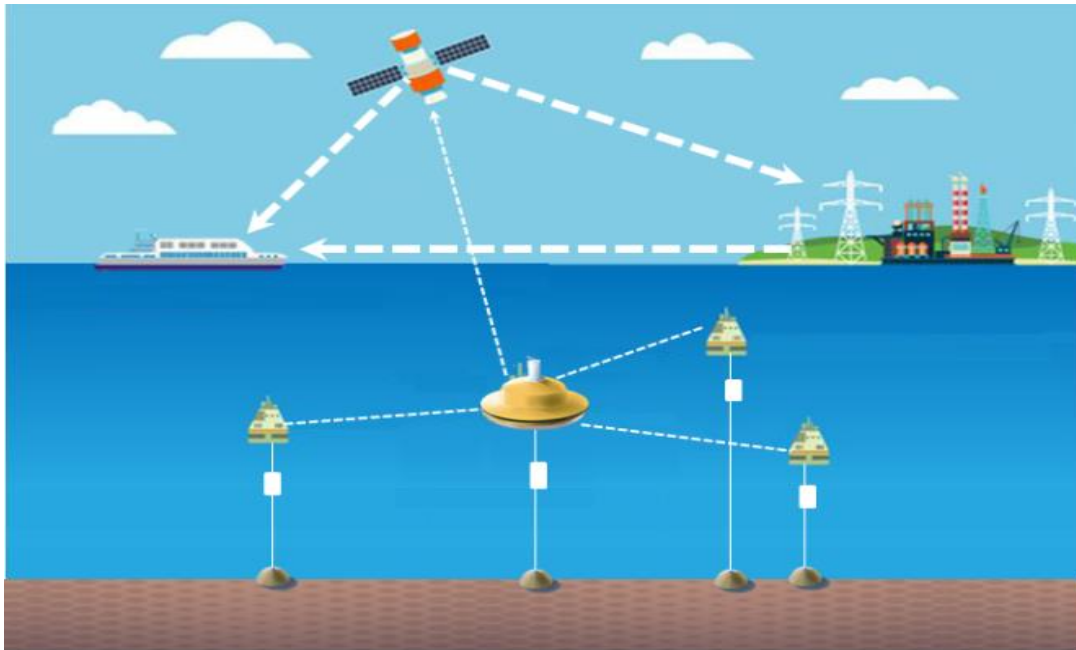
pengawasan maupun pemantauan dari pusat informasi kementerian dan lembaga serta Puskodal TNI AL. Dengan kompleksitas permasalahan maritim Indonesia yang membutuhkan informasi dan data terkait aktivitas di laut, maka integrasi seluruh komponen pengawasan menjadi syarat penting dalam membangun sistem pengawasan untuk mendukung pertahanan negara. Secara keseluruhan, konsep pengawasan yang diusulkan oleh peneliti adalah tentunya memungkinkan untuk adanya integrasi sistem. Integrasi sistem memungkinkan jika menggunakan satelit telekomunikasi sebagai wahana yang berfungsi untuk menghubungkan keseluruhan perangkat pengawasan atau aset. Penggunaan teknologi satelit dibidang militer memiliki banyak kegunaan yaitu, berfungsi komunikasi, fungsi pengintaian, fungsi penyadapan, dan sebagainya.

Menteri Pertahanan dan Keamanan periode 2009-2014, Purnomo Yusgiantoro mengungkapkan, bahwa dengan adanya kepemilikan satelit komunikasi militer Indonesia sendiri adalah suatu upaya untuk mencegah pencurian data yang

---

<sup>31</sup> Peraturan Menteri Pertahanan RI Nomor 8 Tahun 2016 tentang Penyelenggaraan Telekomunikasi Khusus Di Lingkungan Kementerian Pertahanan Dan Tentara Nasional Indonesia.

<sup>32</sup> Supartono., dkk, "Sistem Informasi Tni Al Dalam Rangka Interoperability Data Link Pertahanan Negara", 2017.



**Gambar 12.** Skema Integrasi Sistem Pengawasan  
*Sumber:* Hasil Pengolahan Peneliti, 2019.

selama ini sering terjadi. Selama ini pengamanan data Kementerian Pertahanan (Kemenhan), Markas Besar (Mabes) TNI, Mabes TNI AD, TNI AL, dan TNI AU sebenarnya sudah dilakukan dengan baik. Akan tetapi selama ini penyimpanan data masih menggunakan jaringan teknologi satelit milik negara lain. Sehingga muncul pemikiran adanya kemungkinan terjadi kebocoran informasi di beberapa institusi kementerian.<sup>33</sup>

Dalam perannya sebagai salah satu komponen integrator, sangatlah pantas jika satelit merupakan komponen penting yang harus menjadi prioritas kebutuhan pertahanan. Satelit berperan dalam terciptanya pertukaran data dan keunggulan informasi karena adanya kemampuan satelit yang tidak terpengaruh terhadap jarak dan letak

suatu perangkat beroperasi tidak menemui kondisi dimana adanya penghalang yang akan menghalangi sehingga sinyal dari pengirim dapat langsung mengarah dan diterima di sisi penerima. kebutuhan teknologi satelit militer sama penting dan dapat disandingkan dengan kebutuhan akan Alutsista yang saat ini masih mendapatkan prioritas utama dalam pengembangan angkatan bersenjata. Untuk itu sistem pengawasan akustik tomografi juga dirancang untuk memenuhi kebutuhan tersebut yaitu terselenggaranya sistem K4IPP TNI yang aman dan handal.

Instalasi instrumen akustik tomografi di bawah air itu sendiri

<sup>33</sup> Tigra. 2015. Indonesia Membutuhkan Satelit Pertahanan. [online]  
<https://jakartagreater.com/indonesia->

[membutuhkan-satelit-pertahanan-1/](#) Diakses  
 25 Januari 2019



menerapkan struktur pemasangan seperti yang diilustrasikan pada **Error! Reference source not found.** Secara umum, sistem terdiri dari transmitter dan hidrofona untuk memperoleh data yang diinginkan. Selanjutnya menggunakan teknik mooring buoy system yang memungkinkan pengiriman data pada satelit untuk kemudian dapat ditransmisikan kepada stasiun penerima. Berikut ini pada **Error! Reference source not found.** menggambarkan skema integrasi sistem pengawasan dengan menggunakan satelit telekomunikasi yang akan menghubungkan stasiun akustik dengan stasiun bumi. Selanjutnya stasiun bumi akan memproses data tersebut untuk menghasilkan informasi yang akan diteruskan kepada pihak-pihak terkait. Apabila terdapat terdeteksi adanya indikasi objek yang mencurigakan, maka selanjutnya dapat dikonfirmasi status informasi tersebut. Selanjutnya menggerakkan KRI untuk melaksanakan tindakan purba jaga namun harus sesuai dengan aturan pelibatan yang ada.

Selama ini penyusupan kapal selam atau objek laut lainnya dapat diketahui berdasarkan temuan atau laporan adanya kapal selam asing yang dilaporkan oleh saksi yang melihat temuan tersebut.

Prosedur yang dilaksanakan apabila terdapat objek yang dapat membahayakan yaitu dengan melaksanakan peran tempur bahaya bawah air yang dilaksanakan oleh kapal perang. Kemudian seluruh kru akan menempati pos tempurnya masing-masing. Kemudian KRI akan melaksanakan perhitungan menuju target yang timbul kemudian tenggelam dan menghilang (datum). Perhitungan menuju target datum, dengan mempertimbangkan beberapa faktor, yang pertama adalah waktu estimasi menuju daerah rawan torpedo yang disebut *Estimated time of arrival* (ETA) terhadap titik datum. Karena begitu diketahui kapal selam tersebut akan mempersiapkan senjata untuk menyerang. Kemudian KRI akan menyusun rencana yang disebut zig-zag plan untuk menghindari serangan torpedo sampai menuju datum tersebut. kemudian mempersiapkan persenjataan baik itu torpedo maupun roket bawah laut dan bom. Jika kapal selam asing melakukan perang elektronika (pernika) bawah air, maka hal yang dilakukan pertama adalah melaporkan kepada panglima TNI. Kedua, aksi untuk mengatasi pernika dengan cara mencegah perlawanan elektronika

gahwanika atau *electronik counter measure* (ECM). Dan selanjutnya mengambil tindakan sesuai aturan pelibatan.<sup>34</sup>

Dengan demikian konsep tentang akustik tomografi sebagai sistem pengawasan tidak hanya sebatas sistem yang berdiri sendiri untuk mengawasi aktivitas bawah air. Akan tetapi diharapkan juga terintegrasi dengan sistem pengawasan lain. Integrasi dilakukan dengan memanfaatkan perangkat satelit militer sebagai fungsi komunikasi untuk dapat mencapai keunggulan informasi dalam terselenggaranya sistem K4IPP TNI yang aman dan handal.

## Kesimpulan

Berdasarkan pembahasan atas data yang diperoleh, maka kesimpulannya adalah:

- a. Ancaman bawah air meliputi penyusupan kapal selam asing, atau senjata bawah air seperti *underwater mine* (ranjau apung, ranjau akustik, ranjau magnet), kapal selam torpedo, kendaraan bawah air, rantai-rantai kapal maupun kapal karam serta

aktivitas ilegal yang dilakukan penyelam. Kondisi lingkungan strategis kawasan yang dinamis dan berpotensi adanya konflik yang disebabkan sengketa teritorial antar negara serta belum optimalnya pengawasan bawah air. Kebijakan yang dibuat Cina melalui *nine-dash line* dan *Australia dalam Australia's Maritime Identification Zone* (AMIZ) menambah kewaspadaan nasional untuk tetap menjaga kedaulatan dan integritas teritorial. Selain ancaman dari luar, ancaman dari dalam dapat berupa kondisi alam yang disebut *shadow zone*. Kondisi ini dapat dimanfaatkan untuk lokasi penyusupan objek asing karena diarea tersebut tidak dapat dilalui oleh gelombang akustik.

- b. Pengawasan bawah air dapat diperkuat dengan adanya kemampuan teknologi akustik sebagai sistem penginderaan bawah air yang dapat digunakan untuk mendeteksi penyusupan objek asing maupun mengawasi

---

<sup>34</sup> Wawancara dengan Pabantik Sops Koarmada 1 di Gedung Panglima Koarmada 1 pada 14 Januari 2019.

pergerakan kapal selam dengan mendeteksi ulakan yang ditimbulkan oleh kapal selam. Ulakan kapal selam memiliki pola gelombang vertikal yang stabil dan berlangsung dalam durasi panjang. Selain itu kapal selam dapat diidentifikasi keberadaanya dari suhu panas yang dihasilkan oleh karena spesifikasi kapal selam yang menggunakan tenaga nuklir. Dengan komposisi jumlah perangkat akustik, memungkinkan dilakukannya penjejak pergerakan kapal selam melalui informasi yang dihasilkan oleh masing-masing perangkat akustik.

- c. Konsep sistem pengawasan bawah air berbasis teknologi akustik tomografi terdiri dari perangkat pengirim (transmitter) dan penerima (receiver) yang ditempatkan utamanya pada choke ponit terutama pada wilayah selat, karena kondisi kedalaman selat yang cenderung dalam sangat memungkinkan menjadi jalur perlintasan kapal selam. Sistem Pengawasan pada choke point berfungsi memagari selat dari kemungkinan

penyusupan objek asing. Disamping itu penempatan perangkat di bagian luar perairan memungkinkan untuk dapat memberikan informasi secara dini terkait adanya aktivitas bawah air. Sistem pengawasan ini diharapkan juga mampu menunjang sistem K4IPP TNI dalam mencapai keunggulan informasi.

### **Rekomendasi**

- a. Perlu dilakukannya simulasi perambatan gelombang yang hilang untuk menempatkan kedalaman hydro-phone yang efektif untuk mengantisipasi adanya area kedap rambatan gelombang suara. Serta pengembangan sistem pengawasan yang lebih canggih di lokasi yang berbeda.
- b. Perlu adanya teknologi penginderaan lain, dengan demikian akustik tomografi ini dapat dilapisi oleh adanya teknologi lain untuk menambah kemampuan pengawasan bawah air, satu diantaranya berupa perangkat optik.
- c. Perlu adanya sistem identifikasi pada pusat komando kendali untuk

memproses data yang dihasilkan perangkat akustik tomografi sehingga memudahkan proses identifikasi kapal selam asing.

## Daftar Pustaka

### Buku

- Budiman, et al. (2008). *Kapal Selam Indonesia*. Bogor: Penerbit Buku Ilmiah Populer.
- Darmawan. (2018). *Menyibak Gelombang Menuju Negara Maritim*. Jakarta: Yayasan Pustaka Obor Indonesia.
- Departemen Pertahanan Republik Indonesia. 2015. *Postur Pertahanan Negara 2015*.
- Dieter., George, E., & Linda, C.S. 2007. *Engineering Design*. New York: McGraw-Hill.
- Sumakul W.F. 2015. *Potensi Konflik di laut China Selatan*. US: CreateSpace Independent Publishing.
- Supartono., dkk. 2017. *Sistem Informasi TNI AL Dalam Rangka Interoperability Data Link Pertahanan Negara*. Bogor: Universitas Pertahanan.

### Jurnal

- Ambari, M. "Pertama di Dunia, Selat Sunda dan Selat Lombok Punya Alur Pemisahan Laut Sendiri, Apa Itu?, 2019", dalam <https://www.mongabay.co.id/2019/02/14/pertama-di-dunia-selat-sunda-dan-selat-lombok-punya-alur-pemisahan-laut-sendiri-apa-itu/>, diakses pada 2 Februari 2019.
- Fox, C.G., Matsumoto, H., & Lau, T.A. 2001. *Monitoring Pacific Ocean seismicity from an autonomous hydrophone array*. *Journal Of*

*Geophysical Research*, Vol. 106, No. B3.

Isnawati, H., Amhar, F., & Octavian, A. 2017. *Deteksi Shadow Zone dengan Metode Parabolic Equation dalam Mendukung Patroli Laut di Selat Makassar*. *Jurnal Prodi Universitas Pertahanan*.

Lubis, M.Z., Pujiyati, S., & Wulandari, P.D. 2016. *Akustik Pasif untuk Penerapan di Bidang Perikanan dan Ilmu Kelautan*. *Jurnal Oseana* Vol. XLI No. 2.

Toshi, Y. 2012. *China's Vision of Its Seascape: The First Island Chain and Chinese Seapower*.

### Undang-undang

- Undang-Undang Nomor 3 Tahun 2002 Tentang Pertahanan Negara.
- Undang-Undang Nomor 34 Tahun 2004 Tentang Tentara Nasional Indonesia.
- Peraturan Menteri Pertahanan RI Nomor 8 Tahun 2016 tentang Penyelenggaraan Telekomunikasi Khusus Di Lingkungan Kementerian Pertahanan Dan Tentara Nasional Indonesia.

### Website

- Chen S, "China's underwater surveillance network puts targets in focus along maritime Silk Road, 2017" dalam <https://www.scmp.com/news/china/diplomacy-defence/article/2126296/chinas-underwater-surveillance-network-puts-enemies>, diakse pada 27 Januari 2017.
- Deutsche Welle, "Apa itu Teknik Sonar, 2015", dalam <https://www.dw.com/id/apa-itu-teknik->

- sonar/a-18167202, diakses pada 27 Januari 2019.
- Discovery of Sound in the sea. “How is sound used to measure temperature in the ocean?, 2017”, dalam <https://dosits.org/people-and-sound/research-ocean-physics/how-is-sound-used-to-measure-temperature-in-the-ocean/>, diakses pada 25 Januari 2019.
- Edward C. Whitman, “SOSUS The Secret Weapon of Undersea Surveillance”, 2005 dalam [https://www.public.navy.mil/subfor/underseawarfaremagazine/Issues/Archives/issue\\_25/sosus.htm](https://www.public.navy.mil/subfor/underseawarfaremagazine/Issues/Archives/issue_25/sosus.htm), diakses pada 27 Januari 2017.
- Izvestia, “Russia Harmony for maritime surveillance”, 2016 dalam [https://www.rbth.com/economics/defence/2016/11/30/russian-harmony-for-maritime-surveillance\\_652217](https://www.rbth.com/economics/defence/2016/11/30/russian-harmony-for-maritime-surveillance_652217)
- Lubabah, R.G. “Marsekal Hadi Paparkan Lima Potensi Ancaman Pertahanan Negara, 2017”, dalam <https://www.merdeka.com/peristiwa/marsekal-hadi-paparkan-lima-potensi-ancaman-pertahanan-negara.html>, diakses pada 25 Januari 2019.
- Saragih, R. “Perang Modern dan Data Gathering & Network Centric Warfare, 2017”, dalam <https://jakartagreater.com/perang-modern-dan-data-gathering-network-centric-warfare/>, diakses pada 29 Januari 2019.
- Syamsudin, F. “Melcak Kapal Selam di Selat Lombok, 2009”, dalam <https://www.kemhan.go.id/2009/11/18/melacak-kapal-selam-di-selat-lombok.html>, diakses pada 15 Januari 2019.
- Tigra. “Indonesia Membutuhkan Satelit Pertahanan, 2015”, dalam <https://jakartagreater.com/indonesia-membutuhkan-satelit-pertahanan-1/>, diakses pada 25 Januari 2019.
- Federation of American Scientists (FAS), “Introduction to Naval Weapons Engineering, 1998”, dalam [https://fas.org/man/dod-101/navy/docs/es310/asw\\_sys/asw\\_sys.htm](https://fas.org/man/dod-101/navy/docs/es310/asw_sys/asw_sys.htm), diakses 28 Januari 2019.
- Koran Sindo. “Pangarmabar: Empat Strategi Wujudkan Poros Maritim Dunia, 2017”, dalam <https://nasional.sindonews.com/read/1253429/14/pangarmabar-empat-strategi-wujudkan-poros-maritim-dunia-1509507652>, diakses pada 25 Januari 2019.

